

## 宇宙用スターリングサイクル発電機の研究

著者	吹場 活佳, 塚野 徹, 金森 祐, 棚次 亘弘
雑誌名	室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター年次報告書
巻	2009
ページ	54-56
発行年	2010-06
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/00008725">http://hdl.handle.net/10258/00008725</a>

## 宇宙用スターリングサイクル発電機の研究

○ 吹場 活佳(航空宇宙機システム研究センター 講師)

塚野 徹 (航空宇宙システム工学専攻)

金森 祐 (機械システム工学科)

棚次 亘弘(航空宇宙機システム研究センター長 特任教授)

### 1. はじめに

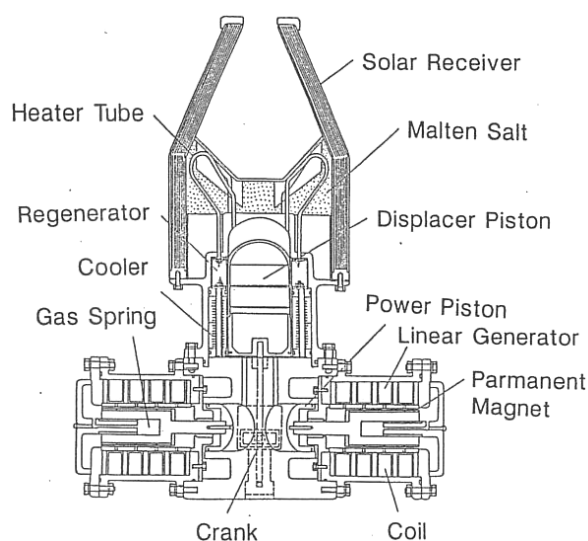
スターリングエンジンは高温部、低温部の温度差を利用して高効率で運転することのできる熱機関である。ディーゼルエンジンなど他の熱機関と異なり、作動流体をエンジン内に封じ込めて熱の出入りのみで運転することができるため、宇宙空間における太陽熱を用いた発電に利用できる可能性がある。現在宇宙用の発電機関としては太陽電池がよく用いられるが、スターリングエンジンは太陽電池と比較しより高い変換効率で運用できる可能性があり、また宇宙放射線に強いといったメリットもある。本研究では過去に宇宙用として開発されたスターリングサイクル発電機を電気ヒータを熱源として運転し、その性能を把握する。本年度は作動流体の種類の違いによる発電性能の変化に着目して実験を行った。スターリングエンジンでは水素などの軽量な気体を作動流体として用いることでエンジンの性能が向上するという報告があり<sup>1)</sup>、本研究でも水素ガスを用いた運転を行い他のガス（ヘリウム・窒素）を用いた場合との比較を実施した。

### 2. 装置概要

本研究で用いたスターリングサイクル発電機の外観および断面を図1に示す。装置上部に電気加熱によるヒーターがあり、これが高温熱源となる。ヒーターチューブの下部には蓄熱式の再生熱交換器があり、さらにその下部に冷却部がある。冷却は水冷による熱交換で行われる。これら



a) 外観



b) 断面図

図1：スターリングサイクル発電機

の高温部と低温部は中央のディスプレイサシリンダに繋がっており、DC モータによって駆動するディスプレイサピストンが内部の作動流体を高温部と低温部の間で交互に移動させている。これにより、圧力変化が生じ、一對の対向式パワーピストンによってリニア発電機が駆動され、発電する。高温部のヒーターへの投入電力は交流電源の電圧とヒーターの抵抗値から求める。高温部と低温部の温度測定は熱電対を用い、作動流体圧力はひずみ圧力計を用いる。これらはアンプを通して PC でデータを取得する。ディスプレイサの DC モータを駆動する直流電源の電圧と電流からディスプレイサ駆動電力を計算し、発電周波数をディスプレイサ周波数とする。発電コイルからの発電電力は抵抗回路を利用して計測し PC で記録した。負荷抵抗としては  $250\ \Omega$ 、 $225\text{ W}$  の抵抗を用いた。

### 3. 実験結果

図 2,3 に、作動流体として窒素・ヘリウム・水素の三種の気体を用いた場合の発電電力および発電効率のグラフを示す。図によれば、同じディスプレイサ周波数において発電電力は水素・ヘリウム・窒素の順に大きい。水素を用いた場合、同じヒータ投入電力でも高温部温度がより低くなってしまうという傾向がみられ、これにより発電電力が低下したものとみられる。また、図 3

表 1：運転条件

作動流体	窒素・ヘリウム・水素
作動流体圧力	1.0 MPaG
高温部温度	230～600 °C
低温部温度	10 °C
冷却水流量	281 L/h
エンジン回転数	11.1～20 Hz

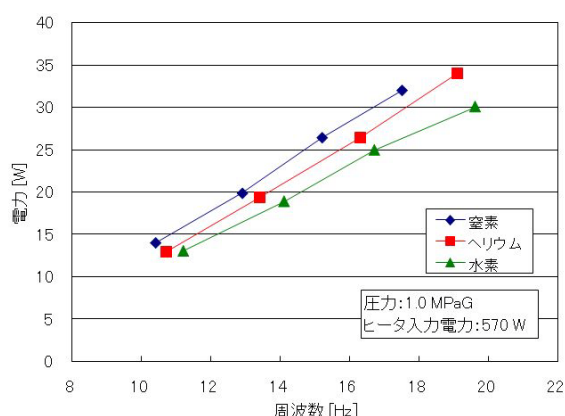


図 2：作動流体の違いによる発電電力の変化

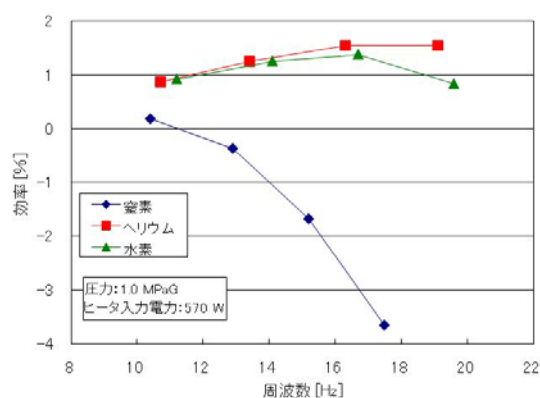


図 3：作動流体の違いによる発電効率の変化

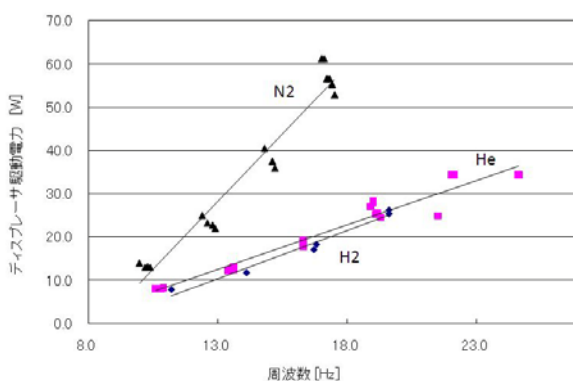


図 4：作動流体の違いによるディスプレイサ駆動電力の変化

の効率については窒素を用いた場合の効率が他と比較し著しく低い。これはディスプレイサを駆動するのに必要となる電力が大きいことが原因である。図4にディスプレイサ駆動電力を示すが、これによるとディスプレイサを同じ周波数で駆動するのに必要な電力はヘリウム・水素の場合に比べ倍以上大きい。従って、特に高回転数にした場合に出力の増加よりも抗力の増加の方が上回り、効率の低下につながっているものと考えられる。なお、水素についてはまだデータが少ないため、今後数多くの実験を行い特性を把握する必要がある。

#### 4. まとめ

本研究では、宇宙利用を目指したスターリングエンジン発電機の運転性能試験を実施した。作動流体として水素・ヘリウム・窒素の三種の気体を用いて実験を行い、性能の違いを調査した。作動流体として窒素を用いた場合、ディスプレイサを駆動するのに必要となる電力が2倍以上に増加し、結果として発電効率が低下することがわかった。

現段階では装置出力である発電電力も装置の効率もまだまだ低く、実用レベルであるとはいえないが、運転条件を変化させることで出力の向上が期待できる。

#### 参考文献

- [1] 山下巖，濱口和洋，香川澄，平田宏一，百瀬豊：スターリングエンジンの設計，パワー社
- [2] 塚野徹，吹場活佳，棚次亘弘：宇宙用スターリングサイクル発電機に関する実験的研究，第53回宇宙科学技術連合講演会講演集（CR-ROM），2009.